

ОНКОЛОГИЯ

РАК ЛЕГКОГО

РУКОВОДСТВО ДЛЯ ВРАЧЕЙ

Авторы-составители

Ш.Х. Ганцев, А.А. Хмелевский



Москва
ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ГРУППА
«ГЭОТАР-Медиа»

2020

Содержание

Список сокращений и условных обозначений	4
Введение	6
1. Анатомия легких	6
2. Эпидемиология рака легких	24
3. Этиология и патогенез рака легких	27
4. Классификация рака легких	40
5. Международная система стадирования рака легких (TNM)	47
6. Клиническая картина рака легких	53
7. Диагностика рака легких	69
8. Лечение рака легких	92
9. Профилактика рака легких	144
10. Особенности ведения пациентов с COVID-19	146
11. Часто задаваемые пациентами вопросы	150
Список литературы	155

1. Анатомия и физиология дыхания

Легкое (*pulmo*, от греч. *pneumon*) — орган дыхательного биологического кластера, осуществляющего важные физиологические функции, направленные на обеспечение всей биологической системы, гомеостаза, других аспектов жизнеобеспечения человека и иных представителей биосферы.

Прежде всего необходимо отметить, что легкое — это парный паренхиматозный орган. В норме располагается в грудной полости. Конструкция грудной полости за счет реберно-мышечного компонента обеспечивает защиту легких от внешних воздействий, не препятствуя дыхательным движениям. В клинической практике прямое обследование этого органа за счет реберного каркаса не представляется возможным, что создает особые потребности в пропедевтическом плане. По своим размерам правое легкое больше левого, что связано с особенностями расположения сердца (преимущественно локализовано в левой половине грудной полости). Размеры легкого определяют его вес. Так, масса правого легкого колеблется от 360 до 600 г, а левого — от 320 до 500 г. При патологических состояниях масса легкого увеличивается за счет соединительнотканной трансформации, уменьшения воздушности органа. Для удобства детализации патологических состояний, их локализаций топографическими анатомами выделены поверхности этого органа. Выделяют диафрагмальную, реберную, средостенную и междолевые поверхности. Сзади выделяют позвоночную часть. В основе этого деления лежат анатомические образования, с которыми легкое соседствует и к

которым тесно прилежит. Понятно, что когда мы говорим о диафрагмальной поверхности, то имеем в виду ту часть легкого, которая соприкасается с диафрагмой. Также рассматриваются и другие обозначенные выше поверхности легкого. Имеется одна особенность: средостенная поверхность левого легкого в нижней части имеет углубление, которое называется «сердечная вырезка», в каждом легком выделяют верхушку и основание. Верхушка расположена над ключицей и выступает на 2–3 см. Эта часть легкого может быть подвергнута мануальному исследованию, а при наличии патологии в этой зоне могут наблюдаться асимметрия и другие локальные изменения. Основание легкого соответствует диафрагмальной поверхности. В правом легком три, а в левом — две доли, покрытые висцеральной плеврой. Parietalная плевра покрывает изнутри грудную стенку. Между париетальным и висцеральным листками плевры имеется небольшое пространство — плевральная полость; она содержит несколько миллилитров плевральной жидкости. Эта жидкость удерживает соприкасающиеся листки плевры друг относительно друга, смачивает их и устраняет между ними трение. Благодаря эластической тяге легких давление в плевральной полости всегда остается отрицательным относительно атмосферного (с разницей примерно 5–7 мм рт.ст.).

Наличие воздуха в плевральной полости — **пневмоторакс** — имеет очень большое значение в онкологической практике. При пневмотораксе адекватная вентиляция легких становится невозможной. В случае длительного поступления воздуха в плевральную полость легкие полностью спадаются, что грозит летальным исходом. Пневмоторакс подразделяют на открытый, закрытый и клапанный (напряженный).

Скопление крови в плевральной полости — **гемоторакс** — имеет также особое значение в клинической практике. При гемотораксе кровь под действием силы тяжести скапливается в нижележащих ее отделах. Продолжающееся кровотечение все больше оттесняет легкое вверх, а средостение — в противоположную сторону или в здоровую. В тяжелых случаях легкое полностью выключается из дыхания за счет его коллапса. Скопление в плевральной полости воздуха и крови одновременно называют **гемопневмотораксом**; это состояние относится к группе тяжелых осложнений, требующих неотложных мер.

Существует топографическое определение участков плевры в зависимости от поверхности легкого, которую она покрывает. В частности, выделяют реберную, диафрагмальную и медиастинальную плевру. В местах перехода пристеночной плевры с одной поверхности на другую имеются пространства, свободные от легких, — плевральные синусы. Реберно-диафрагмальный синус (*recessus costodiaphragmaticus*) представляет собой место перехода реберной плевры в диафрагмальную. Передний реберно-средостенный синус (*recessus costomediastinalis anterior*) формируется на месте перехода спереди реберной плевры в средостенную. Задние реберно-средостенные синусы (*recessus costomediastinalis posterior*) расположены у позвоночника соответственно месту перехода реберной плевры в плевру средостения. Незначительными пространствами представлены диафрагмально-средостенные синусы (*recessus phrenicomediastinalis*) — место перехода плевры диафрагмы в плевру средостения. Междолевая плевра разделяет доли легких. В правом легком имеются два участка междолевой плевры: косая и горизонтальная, в то время как в левом только косая.

Доли легких состоят из сегментов, анатомической основой которых является дихотомическое деление бронхов и сосудов. Каждый сегмент вентилируется соответствующим бронхом, сопровождаемым кровоснабжающей артерией. Четких границ сегментов легких не существует, однако при современном уровне хирургии удаление сегментов легкого не вызывает затруднений.

В правом легком выделяют 10 сегментов, в левом — 9. Каждый сегмент состоит из долек. Они имеют пирамидальную форму, их размер не превышает 10–15 мм. В общей сложности в обоих легких насчитывается до 1000 долек. На средостенной поверхности расположены ворота легких, куда входят главный бронх, легочная артерия и нервы, а выходят две легочные вены и лимфатические сосуды. Эти образования, окруженные соединительной тканью, составляют корень легкого.

В корне левого легкого сверху расположена легочная артерия, затем главный бронх, ниже которого находятся две легочные вены (анатомическое правило А–Б–В). В правом легком элементы его корня расположены по правилу Б–А–В: главный бронх, затем легочная артерия, ниже — легочные вены. Легочная артерия несет венозную кровь (исключение из принятых правил) от правого желудочка сердца. Легочные вены транспортируют артериальную, насыщенную кислородом кровь в левое предсердие.

Обеспечение легочной ткани всем необходимым сосудами малого круга кровообращения не осуществляется. Эту функцию берут на себя бронхиальные артерии, отходящие от грудной части аорты, а это уже большой круг.

Легочная артерия выходит из артериального конуса правого желудочка, направляется вверх и влево, будучи заключена в полости перикарда. Под дугой аорты она делится на правую и левую ветви. Каждая из них направляется к соответствующему легкому и разветвляется аналогично бронхам, сопровождая их на всем пути до бронхиол и альвеолярных ходов, где распадается на большое число капилляров. Правая легочная артерия в противоположность бронхам длиннее левой — около 4 см при диаметре 2–2,5 см. Значительная ее часть находится в полости перикарда позади восходящей аорты и верхней полой вены, что затрудняет хирургический доступ к ней. Левая ветвь легочной артерии более доступна и имеет длину 3–3,5 см при диаметре 1,8–2 см. Внеперикардиальная ее часть также может быть очень короткой.

Перикард не полностью окружает как правую, так и левую легочные артерии: задние поверхности их обычно свободны, а остальные прикрыты задним листком перикарда, причем правая артерия — на $\frac{3}{4}$ ее протяжения, а левая приблизительно на $\frac{1}{2}$.

Основные стволы правой и левой легочных артерий начинают делиться на доле-вые ветви до проникновения их в ткань легкого. Правая артерия, не доходя до ворот легкого, а иногда еще в полости перикарда, отдает первую крупную ветвь к верхней доле, которая распадается обычно на две сегментарные артерии для верхушечного и переднего сегментов. Артерия заднего сегмента обычно хорошо определяется со стороны междолевой щели; она изолированно отходит от основного ствола легочной артерии.

Основная верхнедолевая артерия расположена впереди и несколько медиальнее верхнедолевого бронха и прикрыта спереди ветвями легочной вены. После отхождения верхнедолевых артерий основной ствол направляется к воротам нижней доли. Он хорошо просматривается со стороны междолевой щели, где покрыт лишь плеврой. От его передней полуокружности у среднедолевого бронха отходят две (реже одна) артерии средней доли, которые располагаются выше и латеральнее соответствующего бронха. От задней полуокружности нижнедолевого ствола, иногда выше среднедолевой артерии, отходит верхушечная сегментарная ветвь нижней доли.

Основной ствол нижнедолевой артерии, часто уже вступив в ткань легкого, распадается на четыре сегментарные ветви, одноименные с бронхами. Слева первая верхнедолевая ветвь легочной артерии отходит от основного ствола в воротах легкого и располагается над верхнедолевым бронхом. Она обычно доступна при переднебоковом подходе. Кроме того, к верхней доле от основного ствола отходят еще одна или две сегментарные ветви, но уже в глубине междолевой борозды. После отхождения верхнедолевых ветвей основной ствол круто поворачивает вниз и назад, проходит позади верхнедолевого бронха и затем располагается в глубине междолевой борозды на задненаружной поверхности нижнедолевого бронха, где прикрыт висцеральной плеврой. Длина этого ствола около 5 см. От него последовательно отходят 1–2 артерии к язычковой зоне левого легкого, 1 или 2 ветви — к верхушечному сегменту нижней доли, а сам ствол распадается в глубине нижней доли, как и справа, на четыре сегментарные ветви соответственно бронхам.

По характеру ветвления легочные вены сходны с артериями, но отличаются бóльшим непостоянством. Истоками легочных вен являются капиллярные сети отдельных долек, междольковой соединительной ткани, висцеральной плевры и мелких бронхов. Из этих капиллярных сетей формируются междольковые вены, которые сливаются между собой и примыкают к бронху у верхушки долики. Из дольковых вен составляются более крупные, проходящие вдоль бронхов вены. Из сегментарных и долевых вен, выходящих из легочной ткани, в каждом легком формируется по две легочные вены: верхняя и нижняя, впадающие раздельно в левое предсердие. На рис. 1 (см. цв. вклейку) представлены кровеносные сосуды легких.

Следует отметить, что ряд венозных ветвей нередко располагается отдельно от бронхов между сегментами, вследствие чего они получили название «межсегментарные вены». Межсегментарные вены могут принимать кровь не от одного, а от двух смежных сегментов. Справа верхняя легочная вена образуется через слияние сегментарных вен верхней и средней долей легкого, при этом из верхней доли в нее впадают три сегментарные вены: верхушечная, задняя и передняя. Первые две приблизительно в половине случаев сливаются в один ствол. В средней доле различают две сегментарные вены, одноименные с бронхами: наружную и внутреннюю. Перед впадением в верхнюю легочную вену они нередко сливаются в один короткий ствол.

Таким образом, чаще всего верхняя легочная вена формируется из трех или двух вен второго порядка. Нижняя легочная вена возникает из 4–5 сегментарных ветвей, при этом сегментарная вена верхушечного сегмента нижней доли может впасть также

в верхнюю легочную вену. На выходе из нижней доли сегментарные вены сливаются обычно в два ствола второго порядка, которые, сливаясь с верхушечной сегментарной веной, формируют нижнюю легочную вену. Число ветвей, образующих нижнюю легочную вену, колеблется от 2 до 8; почти в 50% случаев определяются три вены.

Слева верхняя легочная вена формируется из сегментарных ветвей — верхушечной, задней, передней — и двух язычковых — верхней и нижней. Язычковые сегментарные вены предварительно сливаются в один ствол, который соединяется с передней и верхушечно-задней венами. Размеры верхней и нижней легочных вен варьируют. Верхние легочные вены длиннее нижних, размеры их составляют 1,5–2 см с индивидуальными колебаниями от 0,8 до 2,5 см справа и от 1 до 2,8 см слева. Наиболее частая длина нижних легочных вен — 1,25 см справа и 1,54 см слева с предельными колебаниями от 0,4 до 2,5 см. Самая короткая из всех — правая нижняя легочная вена. Верхние легочные вены проходят косо сверху вниз и впадают в левое предсердие на уровне хряща III ребра. Нижние легочные вены располагаются почти горизонтально и впадают в левое предсердие на уровне IV ребра.

В большинстве случаев стволы легочных вен больше чем на половину длины прикрыты задним листком перикарда так, что задняя стенка их остается свободной. Между устьями верхней и нижней легочных вен всегда имеется более или менее выраженный заворот перикарда, который облегчает выделение отдельных стволов при их внутривенной перевязке. Такие же завороты перикарда имеются между верхними легочными венами и ветвями легочной артерии. Нередко вмешательства на

венах со стороны полости перикарда из-за их большой длины на этом участке имеют несомненное преимущество.

Общее количество бронхиальных артерий у разных лиц непостоянно и колеблется от 2 до 6. Однако более чем в половине случаев в легких наблюдаются 4 бронхиальные артерии, распределяющиеся равномерно к правому и левому главным бронхам. Возможны также различные сочетания в числе правых и левых артерий. Чаще всего бронхиальные артерии начинаются от аорты, первой отходящей от нее межреберной и подключичной артерии, реже — от нижней щитовидной и других источников. При этом у одних людей все имеющиеся бронхиальные артерии могут начинаться только от аорты, у других — от разных источников. Бронхиальные артерии не являются только собственно артериями бронхов: они отдают ветви ко всем органам средостения и поэтому в равной степени могут называться **медиастинальными**.

В связи с различиями в числе бронхиальных артерий топография их также непостоянна. Начальные отделы правых артерий располагаются обычно в клетчатке позади пищевода и спереди бифуркации трахеи или под ней, между лимфатическими узлами. Левые артерии обычно находятся в клетчатке под дугой аорты и ниже бифуркации трахеи. Обращает на себя внимание топографическая близость бронхиальных артерий к лимфатическим узлам. Расположение артерий на поверхностях бронхов справа и слева неодинаково. Справа они чаще идут вдоль нижней поверхности бронха, ближе кпереди, и очень часто на задней (перепончатой) поверхности. Слева бронхиальные артерии обычно расположены вдоль верхней и нижней поверхностей

главного бронха и редко на задней. На передней поверхности левого главного бронха артерий обычно нет.

Внутри легких бронхиальные артерии располагаются в рыхлой клетчатке вдоль бронхиального дерева и, разветвляясь, принимают участие в кровоснабжении всех остальных частей легкого и висцеральной плевры. Каждый долевого бронха обычно получает по 2—3 ветви от разных бронхиальных артерий. Основные ветви бронхиальной артерии на долевых и сегментарных бронхах расположены обычно между стенкой бронха и проходящими рядом ветвями легочной артерии. В области респираторных бронхиол эти артерии теряют свое самостоятельное значение и переходят в общую капиллярную сеть легочной артерии. Бронхиальные вены отводят венозную кровь из внутривенной венозной сети бронхов. В области мелких ветвлений последних бронхиальные вены принимают в себя венозные сосуды из других составных частей легкого, а затем частью впадают в проходящие рядом легочные вены, а частью образуют перибронхиальные сплетения. Более отчетливо венозные стволы появляются в бронхах третьего порядка. В области ворот легких образуется 2—3 бронхиальные вены, которые принимают венозную кровь от расположенных здесь лимфатических узлов и висцеральной плевры, а затем, следуя по передней и задней поверхностям бронхов, впадают справа в непарную, или верхнюю полую вену, слева — в полунепарную, или безымянную. Чаще встречаются одна передняя и две задние бронхиальные вены, расположенные рядом с одноименными артериями. Так же как и бронхиальные артерии, вены анастомозируют со всеми венами средостения, образуя с ними единую систему.

Все кровеносные сосуды легких определенным образом связаны между собой, помимо обобщающей их капиллярной сети. Различаются внутриорганные и внеорганные анастомозы.

И те и другие соединяют между собой как сосуды одного и того же круга кровообращения, так и сосуды большого и малого круга кровообращения. Внутри легких выявляются главным образом три вида артериовенозных анастомозов, которые, минуя капиллярную сеть, непосредственно соединяют бронхиальные артерии с легочными артериями, бронхиальные вены с легочными венами и легочные артерии с легочными венами. Кроме того, ряд сосудистых связей в легких хотя и не может быть причислен к собственно анастомозам, но по своему топографическому расположению выполняет роль коллатералей. Сюда относятся ветви легочных артерий и вен, объединяющие смежные сегменты или переходящие из одного сегмента в другой. Наличие анастомозов между бронхиальными и легочными сосудами объясняет причину кровотечений из легочной ткани, возникающих во время операции с перевязанными уже легочными сосудами. Иннервация легких обеспечивается ветвями блуждающего нерва, ветвями узлов симпатического ствола, а также ветвями диафрагмального нерва, которые у ворот легких образуют легочное сплетение (*pl. pulmonalis*).

Легочное сплетение делится на переднее и заднее, его ветви образуют окологонхиальные и околосоудистые сплетения.

Чувствительная иннервация легких осуществляется за счет клеток нижнего узла блуждающего нерва и клеток нижних шейных и верхних грудных спинномозговых

узлов. Симпатическая иннервация легких осуществляется от клеток боковых рогов на протяжении ThII—V сегментов спинного мозга, парасимпатическая иннервация — от клеток заднего ядра блуждающего нерва. Аксоны этих клеток достигают легких в составе ветвей блуждающего нерва.

Лимфатическую систему легких составляют начальные капиллярные сети, внутриорганные сплетения мелких лимфатических сосудов, отводящие сосуды, внутрилегочные и внелегочные лимфатические узлы. По топографическому признаку различают поверхностные и глубокие лимфатические сосуды. Начальная сеть капилляров поверхностных лимфатических сосудов расположена в глубоком слое висцеральной плевры, где различаются крупные и мелкие петли. Первые как бы повторяют очертания оснований легочных долек, вторые расположены внутри каждой отдельно взятой крупной петли в количестве от 2—3 до 24—30. Все эти сосуды связаны между собой. Лимфатические сосуды крупнопетливой и мелкопетливой сетей неравномерны, местами сужены или расширены и клапанов, как правило, не имеют. Из поверхностной лимфатической сети формируются отводящие лимфатические сосуды, которые направляются к воротам легких, где проходят через лимфатические узлы. Отводящие сосуды имеют клапаны, препятствующие обратному току лимфы. Имеются различия в морфологии лимфатических сетей на разных поверхностях легкого, что связано с разной функциональной подвижностью отделов легких и скоростью движения лимфы в них. Глубокие лимфатические сосуды легких начинаются перибронхиальными и периваскулярными внутридольковыми и междольковыми лимфатическими сетями;

они теснейшим образом связаны с поверхностными. Эта связь осуществляется как через сосуды, находящиеся в соединительнотканых прослойках между ацинусами, так и через сосуды, расположенные в междольковых перегородках и отходящие от широкопетливой поверхностной сети. Лимфатические сосуды междольковых перегородок клапанов не имеют, они встречаются только в перибронхиальных и периваскулярных сплетениях, с которыми междольковые сосуды тесно связаны. Капилляры внутридольковых лимфатических сетей непосредственно соединяются с таковыми на концевых бронхиолах и легочных сосудах. Периваскулярные и перибронхиальные лимфатические сосуды в самом начале имеют общие истоки и также представляют собой единое целое. Ближе к воротам легких в них появляются клапаны. Часть этих лимфатических сосудов проходит через внутрилегочные лимфатические узлы, расположенные обычно в местах деления бронхов и легочных артерий. Внутригрудные лимфатические узлы выполняют роль биологических фильтров, располагаются последовательно от периферии к центру. Для стандартизации терминологии в торакальной хирургии, лучевой диагностике и патанатомии специалисты пользуются картой лимфатических узлов, предложенной Американским торакальным обществом, которая определяет местоположение узлов во взаимоотношении с фиксированными анатомическими структурами.

Трахея делится на два главных бронха. Они состоят из бронхов первого порядка, которые, разветвляясь, переходят в долевы, и сегментарных, второго и третьего порядка, соответственно. Сегментарные бронхи, в свою очередь, разделяются на субсегмен-

тарные и так далее (всего 9–10 порядков деления). Бронх диаметром около 1 мм входит в дольку легкого, поэтому называется дольковым. Он также многократно делится. Бронхиальное дерево заканчивается концевыми (терминальными) бронхиолами (рис. 2, см. цв. вклейку).

Слизистая оболочка бронхов изнутри выстлана многорядным мерцательным призматическим эпителием, в котором имеется 4 основных типа клеток: реснитчатые, бокаловидные, промежуточные и базальные. Кроме них, описаны клетки Клара и при электронной микроскопии — клетки Кульчицкого и так называемые щеточные клетки. Реснитчатые клетки выполняют функцию очищения дыхательных путей. Каждая из них несет на свободной поверхности около 200 мерцательных ресничек толщиной 0,3 мкм и длиной около 6 мкм, которые делают 16–17 согласованных движений в секунду.

Средостение (*mediastinum*) (рис. 3, см. цв. вклейку) — это комплекс органов, расположенных между двумя легкими (между плевральными полостями); имеет с точки зрения онкологии и хирургии очень большое значение. Именно в средостении разворачиваются события, связанные с метастазированием. Там локализируются сторожевые лимфатические узлы, которые определяют логику метастазирования и диссеминации рака. Средостение также негативно реагирует на воспалительные процессы, которые являются результатом осложнения опухолевого процесса, хирургических вмешательств и др. Анатомически средостение делят на переднее и заднее. Условная граница между ними проходит по передней поверхности трахеи и главных бронхов.

В переднем средостении расположены сердце с перикардом, вилочковая железа, диафрагмальные нервы и лимфатические узлы. В заднем средостении находятся трахея и главные бронхи, пищевод, блуждающий нерв, грудная часть аорты, симпатический ствол, грудной лимфатический проток, непарная и полунепарная вены, лимфатические узлы. Все пространство между этими органами заполнено рыхлой волокнистой соединительной тканью и жировой клетчаткой. Кроме деления средостения на переднее и заднее, анатомы выделяют также верхний, средний и нижний отделы, что удобно с точки зрения анатомической локации патологического процесса и методов лечения.

Частота дыхания в покое составляет 14–18 движений в минуту, обеспечивается дыхательными мышцами. Учащенное дыхание называют «тахипноэ», а редкое — «брадипноэ». Различают мышцы вдоха и выдоха. Первые, в свою очередь, классифицируют на основные и вспомогательные. При этом вспомогательные мышцы включаются в обеспечение вдоха только в экстренных ситуациях, а в обычных условиях они выполняют иные функции.

К основным мышцам вдоха относят диафрагму, наружные межреберные мышцы и мышцы, поднимающие ребра. Во время вдоха объем грудной полости увеличивается в основном за счет опускания купола диафрагмы и поднимания ребер. Диафрагма обеспечивает 2/3 объема вентиляции. В обстоятельствах, затрудняющих вентиляцию легких (рак, бронхиальная астма, пневмония), в обеспечении вдоха принимают участие вспомогательные мышцы — мышцы шеи (грудино-ключично-сосцевидная и

лестничные), груди (большая и малая грудные, передняя зубчатая), спины (задняя верхняя зубчатая мышца). Мышцами выдоха являются внутренние межреберные мышцы, подреберные мышцы и поперечная мышца груди, задняя нижняя зубчатая мышца. При этом вдох идет более активно и с большей затратой энергии. Выдох же осуществляется пассивно под действием эластичности легких и массы самой грудной клетки. Сокращение мышц на выдохе имеет вспомогательный характер. Выделяют два типа дыхания: грудной и брюшной. При грудном типе преобладает увеличение объема грудной клетки за счет поднимания ребер, а не за счет опускания купола диафрагмы. Этот тип дыхания более характерен для женщин.

Брюшной тип дыхания обеспечивается в первую очередь диафрагмой. При опускании купола происходит смещение органов живота вниз, что сопровождается выпячиванием передней брюшной стенки на вдохе. На выдохе купол диафрагмы поднимается, и передняя брюшная стенка возвращается в исходное положение. Брюшной тип дыхания чаще наблюдается у мужчин.

Для оценки функции легких большое значение имеет определение дыхательных объемов, т.е. количество вдыхаемого и выдыхаемого воздуха. Данное исследование проводится с помощью специальных приборов — спирометров. Определяют дыхательный объем, резервные объемы вдоха и выдоха, жизненную емкость легких, остаточный объем, общую емкость легких.

Дыхательный объем — количество воздуха, которое человек вдыхает и выдыхает при спокойном дыхании за один цикл. Он составляет в среднем 400–500 мл. Объем воздуха,

проходящий через легкие при спокойном дыхании за 1 мин, называют **минутным объемом дыхания**. Его вычисляют, умножая дыхательный объем на частоту дыхания. В состоянии покоя человеку требуется 8–9 л воздуха в минуту, т.е. около 500 л/ч. При тяжелой физической работе минутный объем дыхания многократно увеличивается (до 80 л/мин и более). Жизненная емкость легких находится в прямой зависимости от степени развития грудной клетки. После 40 лет жизненная емкость легких начинает постепенно уменьшаться.

Регуляция дыхания — весьма сложный процесс. В организме существуют специальные рецепторы, которые контролируют концентрацию веществ, растворенных в крови. Это хеморецепторы. Они реагируют даже на малейшие изменения содержания тех или иных веществ во внутренней среде. Эти рецепторы расположены в каротидном синусе (в области бифуркации общей сонной артерии), а также в центральной нервной системе (в продолговатом мозге).